

第I部門

## 疲労 (2)

2022年9月15日(木) 11:10 ~ 12:30 I-3 (吉田南4号館 4共12)

## [I-68] 垂直補剛材直上の鋼床版デッキプレートの疲労き裂に対する ICR 処理範囲の検討

## Comparison of ICR Range for Fatigue Cracks in Vertical Stiffener and Steel Slab Deck Plate

\*赤松 伸祐<sup>1</sup>、山本 修嗣<sup>1</sup>、森 謙吾<sup>2</sup>、高田 耕庸<sup>2</sup>、松本 直樹<sup>3</sup>、石川 敏之<sup>3</sup> (1. 一般財団法人 阪神高速先進技術研究所、2. 阪神高速道路株式会社、3. 関西大学)

\*Shinsuke Akamatsu Akamatsu<sup>1</sup>, Shuji Yamamoto<sup>1</sup>, Kengo Mori<sup>2</sup>, Koyo Takata<sup>2</sup>, Naoki Matsumoto<sup>3</sup>, Toshiyuki Ishikawa<sup>3</sup> (1. Hanshin Expressway Research Institute for Advanced Technology, 2. Hanshin Expressway Company Limited, 3. Kansai University)

キーワード：Uリブ鋼床版、疲労亀裂、ピーニング

Orthotropic steel deck, Fatigue Crack, peening

阪神高速道路では、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端のまわし溶接部のデッキプレートに疲労き裂が多数発生している。このき裂に対して、現在、ICR処理による応急処置が施されている。しかし、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端の溶接部は、Uリブの溶接部と近接しており、まわし溶接部のICR処理が困難な場合がある。そこで、本研究では、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端のまわし溶接部の疲労き裂に対するICR処理の範囲を変化させた場合の疲労試験を実施した。

## 垂直補剛材直上の鋼床版デッキプレートの疲労き裂に対する ICR 処理範囲の検討

(一財)阪神高速先進技術研究所 正会員 ○赤松 伸祐 非会員 山本 修嗣  
 阪神高速道路(株) 非会員 森 謙吾 非会員 高田 耕庸  
 関西大学 学生員 松本 直樹 正会員 石川 敏之

### 1. はじめに

阪神高速道路では、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端のまわし溶接部のデッキプレートに疲労き裂が多数発生している。このき裂に対して、現在、ICR 処理による応急処置が施されている。しかし、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端の溶接部は、U リブの溶接部と近接しており、まわし溶接部の ICR 処理が困難な場合がある。そこで、本研究では、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材上端のまわし溶接部の疲労き裂に対する ICR 処理の範囲を変化させた場合の疲労試験を実施した。

### 2. 板曲げ疲労試験

本試験で用いた試験体寸法を図-1 に示す。デッキプレートを模した厚さ 12mm、幅 200mm の主板に、垂直補剛材を模した厚さ 12mm、高さ 200mm のガセットプレートをすみ肉溶接(6mm の等脚長)されている。

板曲げ振動疲労試験によって、疲労き裂が溶接止端から離れて主板部に 10mm 進展した  $N_{10}$  まで発生させ、その後、図-2(a)～(c)に示すような処理範囲が異なる 3 種類の ICR 処理を行った。主板部に進展した疲労き裂を ICR 処理し、その後まわし溶接部とビード方向へ約 70mm(補剛材幅の 2/3 程度を想定)の範囲を ICR 処理した試験体を ICR(図-2(a))とする。主板部に進展した疲労き裂を ICR 処理し、その後まわし溶接部とビード方向に主板部の ICR 処理幅までを ICR 処理した試験体を ICR-P(図-2(b))とする。主板部に進展した疲労き裂のみ ICR 処理し、まわし溶接部を ICR 処理しない試験体を ICR-with out Toe(以下 ICR-T, 図-2(c))とする。また、比較のために、溶接のままの試験体 AW(図-2(d))も実施した。

疲労試験には、板曲げ振動疲労試験機<sup>1)</sup>を用い、垂直補剛材から橋軸直角方向に離れた位置に輪荷重が載荷する状態に対する疲労寿命延命効果を評価した。疲労試験では実橋の応力状態に近くなるように応力比を  $R = -\infty$  とし、公称応力範囲は ICR と ICR-P を  $\Delta\sigma = 120, 150, 180\text{N/mm}^2$ 、ICR-T と AW を  $\Delta\sigma = 100, 120, 150\text{N/mm}^2$  とした。各試験体名は、処理範囲と公称応力範囲で示すこととした。なお、公称応力範囲は、試験体軸方向に貼付したひずみゲージのうち、き裂発生前の CH-B, C の平均のひずみに鋼のヤング係数( $E_s = 200\text{kN/mm}^2$ )を乗じた値とした。疲労き裂が溶接止端から離れて 20, 30mm 進展した  $N_{20}$ ,  $N_{30}$  の位置および主板裏面からのき裂の検知位置(幅中央) $N_{\text{back}}$  に  $\phi 0.05\text{mm}$  の銅線を貼付し、銅線が疲労き裂によって切断されると疲労試験が停止するようにした。疲労試験は  $N_{30}$  まで実施したが、 $N_{20}$  あるいは  $N_{\text{back}}$  を疲労寿命  $N_f$  とした。

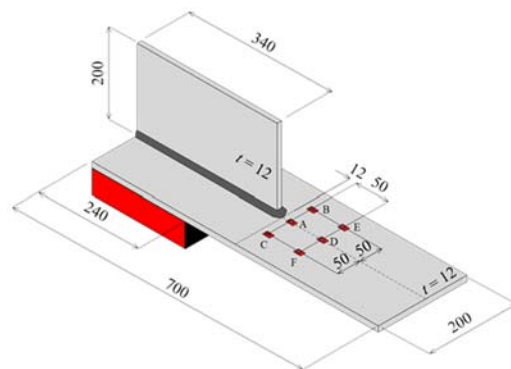


図-1 試験体寸法とひずみゲージ貼付位置

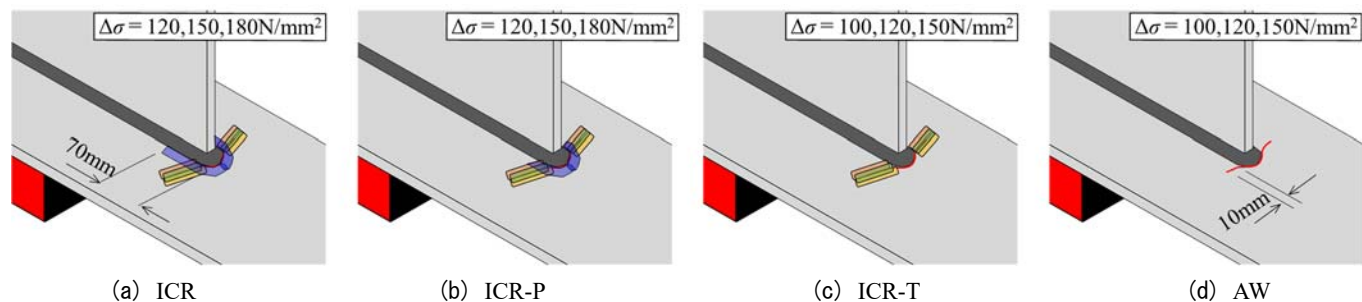


図-2 ICR処理範囲と公称応力範囲

キーワード Uリブ鋼床版, 疲労き裂, 板曲げ疲労試験, ピーニング, ICR 工法

連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7 東垂ビル内 (一財)阪神高速先進技術研究所 TEL 06-6244-6038

## 4. 疲労試験結果

### (1) CH-A の応力範囲の変化

一例として、図-3 に、公称応力範囲  $\Delta\sigma = 120\text{N/mm}^2$  に対して、各試験体の CH-A の応力範囲と ICR 処理してからの繰返し回数の関係を示す。AW に対しては、 $N_{10}$  から  $N_f$  (破線で  $N_{30}$ ) までの繰返し回数が示されている。図-3 からわかるように、AW は、 $N_{10}$  に達した際に、疲労き裂によって CH-A の応力範囲が小さくなっているが、 $N_f$  に達するまでにさらに応力範囲が小さくなった。試験体 ICR, ICR-P では、CH-A の応力範囲が AW の  $N_{10}$  の値よりも高くなっている。一方、ICR-T は AW よりも大きいが、他 ICR 工法と比べて、CH-A の応力範囲が小さくなっている。これは ICR と ICR-P は、まわし溶接部の ICR 処理によって疲労き裂が閉口しているため、再び応力が伝達されるが、ICR-T はまわし溶接部を ICR 処理していないため、応力が伝達されないままであるからと考える。

### (2) 疲労寿命延命効果

図-4 に、 $N_{10}$  のき裂を ICR 処理してから  $N_f$  ( $N_{20}$  あるいは  $N_{\text{back}}$ ) に達するまでの疲労寿命に対する  $S-N$  関係を示す。なお、AW は  $N_{10}$  から  $N_f$  までの繰返し回数を示している。また、参考として、JSSC の疲労設計指針で与えられる疲労強度等級も示している。ICR-180, ICR-T-150 において、疲労き裂が  $N_{20}$  に到達する前に裏面からき裂 ( $N_{\text{back}}$ ) が発生し、これらの試験体には“b”を記している。その他の ICR 処理をした試験体は、1,000 万回载荷してもき裂が発生しなかったため run out として試験を終了した。

本試験では、応力範囲  $100 \sim 120\text{N/mm}^2$  では、ICR 処理範囲にかかわらず、繰返し回数が 1,000 万回に達し run out した。ICR-180 は、主板裏面から疲労き裂が発生したが、ICR 処理後の疲労強度は B 等級以上であった。ICR-T-150 も同様に主板裏面から疲労き裂が発生し、ICR 処理後の疲労強度は他の ICR 工法に比べて疲労寿命の延命効果が低減したが、疲労強度は E 等級を満足し、AW-150 と比べて 4 倍程度の向上が見られた。

以上より、ICR 処理は主板部の疲労き裂のみ閉口することで疲労寿命が向上するが、作用する応力範囲が高い場合は、まわし溶接部を ICR 処理しないと延命効果が低くなると言える。一方で、主体部とまわし溶接部に ICR 処理をした場合は、疲労寿命が大幅に向上しており、ビード方向への ICR 処理範囲の違いによる疲労寿命への向上効果に大きな差は見られなかった。

## 5. まとめ

本研究では、面外ガセットに対して、処理範囲の異なる3種類のICR処理を行い、板曲げ振動疲労試験によって、疲労寿命延命効果の違いを明らかにした。この結果、主板部のみにICR処理した場合、作用する応力範囲が高いと、疲労寿命の延命効果が低くなる可能性があるが、応力範囲  $120\text{N/mm}^2$  以下の場合には、処理範囲にかかわらず、疲労寿命が大幅に延命できることが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 山田健太郎, 小菌江朋亮, 小塩達也: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007.

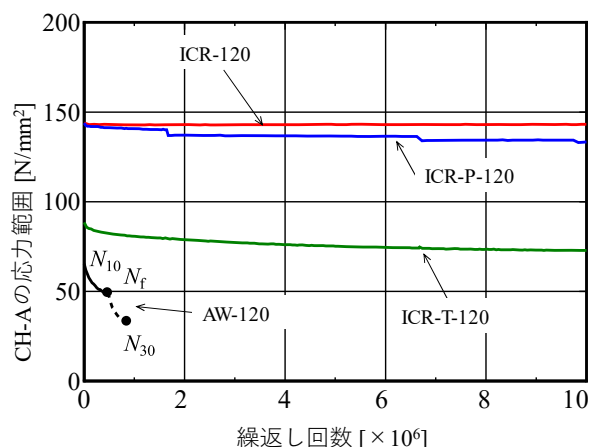


図-3 CH-Aの応力範囲の変化( $\Delta\sigma = 120\text{N/mm}^2$ )

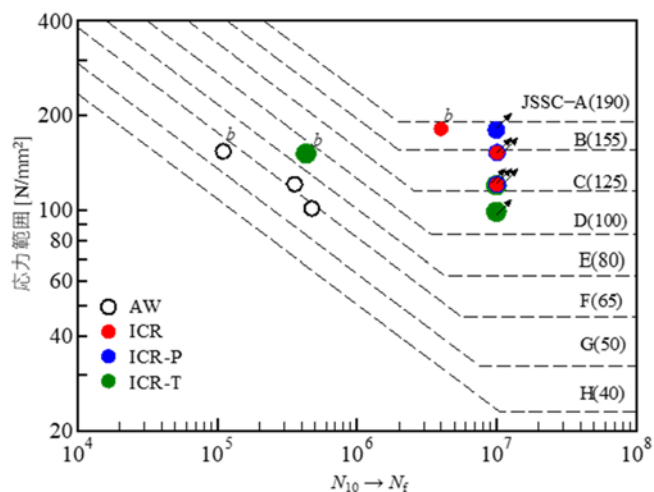


図-4 ICR処理後のS-N関係